

明 細 書

風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機、該減速機を用いた風力発電装置のヨー駆動方法および装置

5

技術分野

この発明は、風力発電装置の風力発電ユニットを略水平面内で旋回させるヨー駆動装置に用いる減速機、その減速機を用いたヨー駆動方法および装置に関する。

10 背景技術

風力発電装置のヨー駆動装置は、風力発電装置のブレードが正面より風を受けられるように、風車発電ユニットを風向きに応じてタワーに対して旋回させるものであり、タワーに設けたリングギアを回転させる駆動装置である。

ヨー駆動装置は通常、汎用の誘導電動機（使用回転数は1000乃至1800rpm）と複数の減速機構（総減速比は1/1000乃至1/3000）とを組み合わせている。

従来の風車発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機の多くは高減速比を得るために、遊星減速機構を5段連結した減速機が用いられている。その遊星減速機構は、入力太陽歯車、該入力太陽歯車の周囲で該入力太陽歯車に噛み合う複数の遊星歯車、該複数の遊星歯車の周囲で該複数の遊星歯車に噛み合う内歯を有する内歯歯車体、並びに前記複数の遊星歯車
20 を回転自在に支持するキャリアとを具備するものであり、総減速比は約77%（各段95%×95%×95%×95%×95%=約77%）となっている。

また、風車発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機として本願出願人は、駆動モータに連結される一段減速部、該一段減速部に連結される二段減速部、並びに該二段減速部に連結される偏心揺動型減速機構からなる三段減速部から構成したものを提案した（特開20
25 03-84300号公報参照）。

さらに、従来の風力発電機のヨー駆動方法および装置としては、例えば以下の特開20

01-289149号公報に記載されているようなものが知られている。

このものは、タワーの上端部に取付けられた第1歯車と、前記第1歯車に噛み合う第2歯車と、前記タワーの上端部にヨー旋回可能に支持されている風力発電ユニットに取付けられ、前記第2歯車を駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる電動モータと、該電動モータに付設され摩擦板を用いた電磁ブレーキと、タワーの上端部に固定されたブレーキディスク、および、風力発電ユニットに設けられ油圧駆動によって前記ブレーキディスクを挟む摩擦固定式ブレーキシューからなる油圧ブレーキとを備えたものである。

そして、このものにおいて風力発電ユニットを電動モータによってヨー旋回させるときには、電動モータへの通電と同時に、電磁ブレーキおよび油圧ブレーキを非制動状態にして電動モータおよび風力発電ユニットを制動から解放し、一方、風力発電ユニットのヨー旋回を停止させるときには、電動モータに対する通電停止と同時に、電磁ブレーキおよび油圧ブレーキを制動状態にして、これから電動モータおよび風力発電ユニットに制動トルクをそれぞれ付与するようにしている。

しかしながら、前者の遊星減速機構を5段連結した減速機は、全長が長くなるとともに大重量であるから、メンテナンス性が悪かった。また、マイナス20度C以下の低温状態で運転する場合、5段の多段減速であるから潤滑油の攪拌抵抗が大きくなり、その攪拌抵抗の損失を補うために大出力の電動機を必要としていた。

後者の三段減速部からなる減速機は、ヨー駆動装置用として高効率を得るための最適な減速比率は提案されていなかった。

本発明は以上の点に鑑み、ヨー駆動装置としての最適速度配分した減速機となして、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機を提供することを目的とする。また、風力発電装置の高効率でコンパクトなヨー駆動装置を提供することを目的とする。

さらに、前記従来の風力発電機のヨー駆動方法・装置にあつては、電動モータへの通電開始時点に該電動モータに対する制動が消失するため、電動モータの回転駆動トルクがそ

のまま第2歯車に伝達され、該第2歯車を急速に回転させるが、風力発電ユニットは大きな慣性質量を有しているため、第2歯車に追従して旋回できず、この結果、第2歯車の歯が第1歯車の歯に大きな衝撃を与えてしまうのである。このようなことから風力発電ユニットのヨー旋回開始時に第1、第2歯車の歯に損傷を生じたり、大きな騒音が発生し、また、構造の面からは前述のような衝撃に耐えるよう第1、第2歯車等の強度を向上させる
5 必要があり、装置が高価で大型化してしまうという課題があった。

一方、電動モータに対する通電停止時点においては、電動モータに対し電磁ブレーキが制動トルクの付与を開始するため、第2歯車の回転が急停止するが、風力発電ユニットは大きな慣性質量をもって旋回時の回転速度で旋回を継続しようとするため、第1歯車の歯
10 が第2歯車の歯に大きな衝撃を与えてしまうのである。このようなことから風力発電ユニットのヨー旋回停止時にも第1、第2歯車の歯に損傷を生じたり、大きな騒音が発生し、また、前述と同様に強度を向上させる必要があることから、装置が高価で大型化してしまうという課題があった。

この発明は、駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時における衝撃を抑制することで、
15 歯の損傷および騒音を低減させるとともに、装置を安価で小型化できるようにした風力発電機のヨー駆動方法および装置を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明による風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機は、一段減速部、該一段減速
20 部に連結される二段減速部、並びに該二段減速部に連結される三段減速部からなり、前記一段減速部及び二段減速部の合計減速比を $1/6$ 乃至 $1/60$ に設定すると共に、前記三段減速部が内周に内歯が形成された内歯歯車体と、該内歯歯車体内に収納され、外周に前記内歯に噛み合い歯数が該内歯より若干少ない外歯を有し、軸方向に並列配置された複数の外歯車と、該複数の外歯車に回転自在に挿入され、前記二段減速部に連結され回転する
25 ことで該複数の外歯車を偏心回転させるクランク軸と、該クランク軸の両端部を回転可能に支持するキャリアとを備えた偏心揺動型減速機構で構成され、該偏心揺動型減速機構の

減速比を $1/50$ 乃至 $1/140$ に設定し、且つ前記減速機の総減速比を $1/1000$ 乃至 $1/3000$ に設定したことを特徴としている。従って、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機が提供できる。

- また、減速機の一段減速部が入力太陽歯車、該入力太陽歯車の周囲で該入力太陽歯車に噛み合う複数の遊星歯車、該複数の遊星歯車の周囲で該複数の遊星歯車に噛み合う内歯を有する内歯歯車体、並びに前記複数の遊星歯車を回転自在に支持するキャリアとを備えた遊星減速機構から構成され、前記減速機の二段減速部が前記遊星減速機構のキャリアに連結される入力平歯車及び該入力平歯車に噛み合う平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成されていることを特徴としている。従って、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機が提供できる。

- また、減速機の一段減速部が第1入力平歯車及び該第1入力平歯車に噛み合う第1平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成され、前記減速機の二段減速部が該第1平歯車に連結された第2入力平歯車及び該第2入力平歯車に噛み合う第2平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成されていることを特徴としている。従って、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機が提供できる。

- また、本発明による風力発電装置のヨー駆動装置は、前述の高効率な減速機を用いて、一段減速部の入力部に電動機の出力軸が連結され、前記偏心揺動型減速機構の出力部に、タワーのリングギアに噛み合わせる外歯が形成されていることを特徴としている。従って、風力発電装置の高効率でコンパクトなヨー駆動装置が提供できる。

- また、タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられた第1歯車に噛み合う第2歯車を、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられた駆動モータにより駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる風力発電機のヨー駆動方法において、前記駆動モータへの駆動エネルギーを供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とした風力発電機のヨー駆動方法により、達成することができる。

また、タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられた第1歯車と、前記第1歯車に噛み合う第2歯車と、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられ、駆動エネルギーが供給されたとき、前記第2歯車を駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる駆動モータと、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とする低減手段とを備えた風力発電機のヨー駆動装置により、達成することができる。

また、タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられたリング状の内歯車に噛み合うピニオンを、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられた駆動モータにより駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる風力発電機のヨー駆動方法において、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とした風力発電機のヨー駆動方法により、達成することができる、

また、タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられたリング状の内歯車と、前記内歯車に噛み合うピニオンと、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられ、駆動エネルギーが供給されたとき、前記ピニオンを駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる駆動モータと、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とする低減手段とを備えた風力発電機のヨー駆動装置により、達成することができる。

発明の効果

本発明によれば、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機が提供できる。また、風力発電装置の高効率でコンパクトなヨー駆動装置が提供できる。

また、風力発電ユニットを駆動モータによってヨー旋回させるときには、駆動モータに

対し駆動エネルギーを供給するが、この駆動エネルギーの値を、低減手段によって駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギー値より小としたので、第2歯車に対して回転開始時に駆動モータから付与される回転駆動トルクは、前記小さな供給駆動エネルギーに対応した小さな値となる。

- 5 この結果、第2歯車の回転開始時における第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。このような状態で所定時間経過すると、駆動モータの回転速度がある程度の値まで上昇するが、この時点以後は駆動モータに対し通常ヨー旋回時における値の駆動エネルギーが供給され、風力発電ユニットのヨー旋回が行
- 10 われる。

- さらに、風力発電ユニットのヨー旋回を停止させる際、駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とし、この間における駆動モータから風力発電ユニットへの付与回転
- 15 力を小さくすれば、風力発電ユニットは前述の間にロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によりその旋回速度が徐々に低下する。そして、このように旋回速度が低下し、駆動モータへの駆動エネルギーの供給が停止した時点以後に、所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにすれば、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、騒音を低減させることができる
- 20 とともに、装置を安価で小型化することができる。

- また、風力発電ユニットのヨー旋回を停止させるときには、駆動モータに対する駆動エネルギーの供給を停止するが、この駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点から所定時間経過した後所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにしたので、前記駆動エネルギー供給停止時点から所定時間が経過するまでの間に、風
- 25 力発電ユニットはロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によってその旋回速度が徐々に低下する。そして、このように旋回速度が低下した時点で前述の制動トルクが制動

手段から駆動モータに付与されるため、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

- また、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間のバックラッシュを取り除くことができるため、風力発電ユニットのヨー旋回開始時における第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃をより効果的に低減させることができる。

- さらに、流体モータの運転停止中に、突風などの過大な風負荷が風力発電ユニットに作用して該風力発電ユニットが旋回し、これにより、流体モータがポンプ作用を行うようになることがあるが、請求項7に記載のように構成すれば、このときの流体モータ、風力発電ユニットの高速回転を防止することができる。

- また、前述した理由により流体モータがポンプ作用を行うようになることがあるが、このとき、流体モータに背圧により流体制動力を付与してその回転を抑制することができる、これにより、従来、風力発電ユニットを固定させるために必要としていた、タワーの上端部に固定されているブレーキディスク、および、該ブレーキディスクを挟む摩擦固定式ブレーキシューからなる油圧ブレーキを省略することができる。

- さらに、前述した理由により駆動モータが制動手段から制動を受けながら回転して機器に悪影響を及ぼすことがあるが、このような事態を防止することができる。

- また、風力発電ユニットを駆動モータによってヨー旋回させるときには、駆動モータに対し駆動エネルギーを供給するが、この駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から制動手段によって始制動トルクを駆動モータに付与するようにしたので、第2歯車には回転開始時に、駆動モータから出力された駆動トルクから始制動トルクを差し引いた値の回転駆動トルクが減速された状態で付与される。ここで、前記始制動トルクは駆動モータの最大駆動トルクより小さな所定値であるため、第2歯車は回転し風力発電ユニットを旋回させることができるが、このときの回転駆動トルクは前述のように差し引いた小さな値であり、しかも、第2歯車の回転速度は始制動トルクにより低減されているので、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、

騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。このような状態で所定時間経過すると、駆動モータの回転速度はある程度の値まで上昇するが、この時点で前記制動手段から駆動モータへの始制動トルク付与が終了し、風力発電ユニットのヨー旋回が行われる。

- 5 また、風力発電ユニットのヨー旋回を停止させるときには、駆動モータに対する駆動エネルギーの供給を停止するが、この駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点から所定時間経過した後に所定値の終制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにしたので、前記駆動エネルギー供給停止時点から所定時間が経過するまでの間に、風力発電ユニットはロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によってその回転速度が
- 10 徐々に低下する。そして、このように回転速度が低下した時点で前述の終制動トルクが制動手段から駆動モータに付与されるため、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

- さらに、風力発電ユニットのヨー旋回を停止させる際、駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とし、この間における駆動モータから風力発電ユニットへの付与回転力を小さくすれば、風力発電ユニットは前述の間にロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によりその回転速度が徐々に低下する。そして、このように回転速度が低下し、駆動
- 20 モータへの駆動エネルギーの供給が停止した時点以後に、所定値の終制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにすれば、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間の衝撃が低減され、これにより、第1、第2歯車の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

- また、同一の制動手段に衝撃低減機能と、駆動モータ停止時における風力発電ユニット
- 25 の旋回制限機能を持たせることができ、これにより、機能別に制動手段を設けた場合に比較して構造を簡単とし、製作費も安価とすることができる。

さらに、制動手段を構造簡単で安価とすることができる。

また、構造簡単でありながら確実に固定側、回転側摩擦体を互いに隔離させることができる。

さらに、駆動モータの運転停止中に、突風などの過大な風負荷が風力発電ユニットに作用して該風力発電ユニットが旋回し、この旋回が制動手段に伝達されて回転側摩擦体が固定側摩擦体に摩擦接触した状態のまま回転すると、制動手段が摩擦熱により加熱されて損傷するおそれがあるが、請求項 9 に記載のように構成すれば、このような事態を防止することができる。

10 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 実施形態を示す図であり、第 2 図は、第 1 図の B-B 矢視断面図であり、第 3 図は、本発明の第 2 実施形態を示す図であり、第 4 図は偏心揺動型減速機構の減速比と偏心揺動型減速機構の効率、ヨー駆動装置用減速機の総効率、総減速比との関係図であり、第 5 図は、この発明の第 3 実施形態を示す正面断面図であり、第 6 図は、第 3 実施形態の概略回路図であり、第 7 図は、第 3 実施形態の作動タイミングを説明するグラフで、(a) は時間と出力軸回転速度との関係、(b) は時間と制動室圧力との関係、(c) は時間と A 切換弁電圧との関係、(d) は時間と B 切換弁電圧との関係、(e) は時間と開閉弁電圧との関係を示し、第 8 図は、第 4 実施形態を示す図 6 と同様の概略回路図であり、第 9 図は、第 4 実施形態の作動タイミングを説明するグラフで、(a) は時間と出力軸回転速度との関係、(b) は時間と制動室圧力との関係、(c) は時間と A 切換弁電圧との関係、(d) は時間と B 切換弁電圧との関係、(e) は時間と開閉弁電圧との関係、(f) は時間と制御弁電圧との関係を示し、第 10 図は、第 6 実施形態を示す正面断面図であり、第 11 図は、第 6 実施形態の概略回路図であり、第 12 図は、第 6 実施形態の作動タイミングを説明するグラフで、(a) は時間と出力軸回転速度との関係、(b) は時間と制動電圧との関係、(c) は時間とモータ電圧との関係、(d) は時間とセンサ信号との関係を示し、第 13 図は、第 7 実施形態を示す図 11 と同様の概略回路図であり、第 14

図は、第7実施形態の作動タイミングを説明するグラフで、(a)は時間と出力軸回転速度との関係、(b)は時間と制動室圧力との関係、(c)は時間と切換弁電圧との関係、(d)は時間とモータ電圧との関係、(e)は時間とセンサ信号との関係を示している。

5 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の第1実施形態を図1と図2に基づいて説明する。図1は縦断面図であり、図2のA-A方向切断を図示している。図2は図1のB-B断面図である。

100は風力発電装置のヨー駆動装置である。200はそのヨー駆動装置100に用いた減速機である。減速機200は一段減速部10、該一段減速部10に連結される二段減速部20、並びに該二段減速部20に連結される三段減速部30から成っている。

一段減速部10は、電動機1の出力軸2に固定され連結された入力部としての入力太陽歯車3、該入力太陽歯車3の周囲で該入力太陽歯車3に噛み合う複数（三個）の遊星歯車4、該複数の遊星歯車4の周囲で該複数の遊星歯車4に噛み合う内歯5を有する内歯歯車体6、並びに前記複数の遊星歯車4を回転自在に支持するキャリア7とを備えた遊星減速機構から構成されている。電動機1は電動機支持部材8に取付けられている。内歯歯車体6は電動機支持部材8の内部に固定されている。キャリア7には、遊星歯車4を複数のニードル9を介して回転自在に支持する複数のピン10が固定されている。

この遊星減速機構から構成された一段減速部10は、その減速比を $1/9$ に設定している。一段減速部10の減速比は、 $1/3$ 乃至 $1/20$ から選択して設定している。

20 二段減速部20は、前記遊星減速機構のキャリア7に連結される入力平歯車21及び該入力平歯車21に噛み合う複数の平歯車22（四個）からなる平歯車式減速機構から構成されている。

この平歯車式減速機構から構成された二段減速部20は、その減速比を $1/3$ に設定している。二段減速部20の減速比は、 $1/2$ 乃至 $1/5$ から選択して設定している。

25 従って、一段減速部10及び二段減速部20の合計減速比は、 $1/27$ （ $1/9 \times 1/3$ ）に設定されている。一段減速部10及び二段減速部20の合計減速比は、 $1/6$ 乃至

1/100 (1/3×1/2乃至1/20×1/5)に設定できる。しかしながら、ヨー駆動装置に用いる本発明の減速機においては、一段減速部及び二段減速部の合計減速比を、1/6乃至1/60に選択して設定すれば良い。

- 三段減速部30は、内周に内歯31が形成された固定の内歯歯車体32と、該内歯歯車
5 体32内に収納され、外周に前記内歯31に噛み合い歯数が該内歯より若干少ない外歯33を有し、軸方向に並列配置された複数(二個)の外歯車34と、該複数の外歯車34に回転自在に挿入され、前記二段減速部20の平歯車22に連結され回転することで該複数の外歯車34を偏心回転させる複数のクランク軸35(四個)と、該クランク軸35の両端部を一对の軸受36を介して回転可能に支持する出力部としてのキャリア37とを備
10 えた偏心揺動型減速機構で構成されている。キャリア37の先端部には、タワー(図示なし)のリングギア(図示なし)に噛み合わせる外歯38を有するピニオン39がスプライン連結されて設けられている。ピニオン39はキャリア37の先端部に機械加工形成して設けても良い。複数のクランク軸35の各々の端部には、前記二段減速部20の複数の平歯車22の各々が取り付けられている。複数の外歯車34の内部には、ニードル軸受40
15 を介して複数のクランク軸35のクランク部が各々挿入されている。キャリア37是一对の軸受41を介して内歯歯車体32に回転自在に支持されている。オイルシール42は内歯歯車体32の先端内周とキャリア37の周囲に取り付けられたオイルシール支持体43との間に、挿入されて設けられている。内歯歯車体32の端部には、前記電動機支持部材8の一端が固定されている。
- 20 偏心揺動型減速機構で構成された三段減速部30は、減速比を1/60に設定している。三段減速部30は、減速比を1/50乃至1/140から選択して設定している。
- 三段減速からなる本減速機の総減速比は1/1620 (1/9×1/3×1/60)に設定されている。三段減速からなる減速機の総減速比は、1/300乃至1/14000 (1/3×1/2×1/50乃至1/20×1/5×1/140)に設定できる。しかし
25 ながら、ヨー駆動装置に用いる本発明の減速機においては、総減速比を、1/1000乃至1/3000に選択して設定すれば良い。

次に、本発明の第2実施形態を図3の縦断面図に基づいて説明する。

図3において、300は風力発電装置のヨー駆動装置である。400はそのヨー駆動装置300に用いた減速機である。

一段減速部50は、電動機60の出力軸61に固定され連結された入力部としての第1
5 入力平歯車51及び該第1入力平歯車51に噛み合う第1平歯車52からなる平歯車式減速機構機から構成されている。

この平歯車式減速機構機から構成された一段減速部50は、その減速比を $1/6$ に設定している。一段減速部50の減速比は、 $1/2$ 乃至 $1/12$ から選択して設定している。電動機60は電動機支持部材62に取付けられている。

10 二段減速部70は、前記第1平歯車52に連結された第2入力平歯車53及び該第2入力平歯車53に噛み合う複数の第2平歯車54（四個）からなる平歯車式減速機構機から構成されている。第2入力平歯車53は、電動機支持部材62及び後述する偏心揺動型減速機構80のキャリア87に回転自在に支持されている。

この平歯車式減速機構機から構成された二段減速部70は、その減速比を $1/3$ に設定
15 している。二段減速部70の減速比は、 $1/2$ 乃至 $1/5$ から選択して設定している。

従って、一段減速部50及び二段減速部70の合計減速比は、 $1/18$ （ $1/6 \times 1/3$ ）に設定されている。一段減速部50及び二段減速部70の合計減速比は、 $1/4$ 乃至
 $1/60$ （ $1/2 \times 1/2$ 乃至 $1/12 \times 1/5$ ）に設定できる。しかしながら、ヨー駆動装置に用いる本発明の減速機においては、一段減速部及び二段減速部の合計減速比を、
20 $1/6$ 乃至 $1/60$ に選択して設定すれば良い。

三段減速部80は、内周に内歯81が形成された固定の内歯歯車体82と、該内歯歯車体82内に収納され、外周に前記内歯81に噛み合い歯数が該内歯より若干少ない外歯83を有し、軸方向に並列配置された複数（二個）の外歯車84と、該複数の外歯車84に回転自在に挿入され、前記二段減速部70の第2平歯車54に連結され回転することで該
25 複数の外歯車84を偏心回転させる複数のクランク軸85（四個）と、該クランク軸85の両端部を一对の軸受86を介して回転可能に支持する出力部としてのキャリア87と

を備えた偏心揺動型減速機構で構成されている。キャリア 87 の先端部には、タワー（図示なし）のリングギア（図示なし）に噛み合わせる外歯 88 を有するピニオン 89 がスプライン連結されて設けられている。複数のクランク軸 85 の各々の端部には、前記二段減速部 70 の複数の第 2 平歯車 54 の各々が取り付けられている。複数の外歯車 84 の内部には、ニードル軸受 90 を介して複数のクランク軸 85 のクランク部が各々挿入されている。キャリア 87 は一対の軸受 91 を介して内歯歯車体 82 に回転自在に支持されている。

内歯歯車体 82 の端部には、前記電動機支持部材 62 の一端が固定されている。偏心揺動型減速機構で構成された三段減速部 80 は、減速比を $1/60$ に設定している。三段減速部 80 は、減速比を $1/50$ 乃至 $1/140$ から選択して設定している。三段減速からなる本減速機の総減速比は $1/1080$ ($1/6 \times 1/3 \times 1/60$) に設定されている。三段減速からなる減速機の総減速比は、 $1/200$ 乃至 $1/8400$ ($1/2 \times 1/2 \times 1/50$ 乃至 $1/12 \times 1/5 \times 1/140$) に設定できる。しかしながら、ヨー駆動装置に用いる本発明の減速機においては、総減速比を、 $1/1000$ 乃至 $1/3000$ に選択して設定すれば良い。

次に、本発明の作用について説明する。

電動機 1、60 の出力軸 2、61 の回転は、一段減速部 10、50 で最初に減速され、次に二段減速部 20、70 で減速され、最後に三段減速部 30、80 で減速され、キャリア 37、87 三段減速部分からなる本発明の減速機の総減速比を、遊星減速機構を 5 段連結した従来減速機の総減速比と同じ約 77% とするためには、第 1 実施形態の偏心揺動型減速機構で構成された三段減速部 30 は、約 85% ($77\% \div$ 一段部遊星減速機構 95% \div 二段部平歯車式減速機構 96% \approx 約 85%) にする必要がある。

図 4 は偏心揺動型減速機構の減速比と偏心揺動型減速機構の効率、ヨー駆動装置用減速機の総効率、総減速比との関係図である。図 4 において、偏心揺動型減速機構の効率はライン L1 で示され、減速比が大きくなる程低下している。ヨー駆動装置の総効率はライン

L2 で示され、減速比が大きくなる程低下している。

ヨー駆動装置の総効率 77% を維持するには、偏心揺動型減速機構で構成された三段減

速部 30 の効率が約 85% 以上となる減速比 $1/140$ 以下にする必要がある。三段減速部 30 の最小減速比 $1/50$ は、一段減速部 10 及び二段減速部 20 の合計減速比の最大値と最大総減速比とから決定 ($60/3000 = 1/50$) している。

- 5 このように、減速機を軸方向長さが短い三段減速部からなるように構成しても、三段減速部を偏心揺動型減速機構で構成し、その減速比を、 $1/50$ 乃至 $1/140$ にすれば、風力発電装置のヨー駆動装置用減速機に必要とする総効率 77% を維持することができるのである。

- 10 そして、一段減速部及び二段減速部の合計減速比を $1/6$ 乃至 $1/60$ に設定すると共に、偏心揺動型減速機構の減速比を $1/50$ 乃至 $1/140$ に設定すれば、ヨー駆動装置が必要とする減速機の総減速比である $1/1000$ 乃至 $1/3000$ を、減速機を三段減速部からなるように構成しても容易に得ることができる。

- 15 なお、第 1 及び第 2 実施形態においては、偏心揺動型減速機構 30.80 の内歯歯車体 32、82 を固定し、キャリア 37、87 から出力回転を得ているが、本発明の減速機は、キャリア 37、87 を固定し、内歯歯車体 32、82 から出力回転を得ても良い。この場合は、ピニオン 39、89 は内歯歯車体 32、82 に取り付けられる。または、内歯歯車体 32、82 の外周部に、タワーのリングギアに噛み合う外歯 38、88 を形成しても良い。

- 20 また、本発明の第 1 実施形態においては一段減速部を遊星減速機構で構成して二段減速部を平歯車式減速機構で構成し、第 2 実施形態においては一段減速部及び二段減速部を平歯車式減速機構で構成したが、一段減速部及び二段減速部を共に遊星減速機構で構成しても良い。

次に、前記減速機を用いたヨー駆動方法及び装置に関する第 3 実施形態を図面に基づいて説明する。

- 25 第 5、6 図において、111 は風力発電機 112 のタワー（支柱）であり、このタワー 111 の上端部には風力発電ユニット 113 が軸受 114 を介してヨー旋回可能、即ち略水平面内で旋回可能に支持されている。ここで、この風力発電ユニット 113 は周知の構

造で、ナセルハウジング 115 と、該ナセルハウジング 115 に支持され、ほぼ水平な軸線回りに回転可能な図示していないロータヘッドと、該ロータヘッドに半径方向内端部が回転可能に連結された複数の風車ブレード（図示せず）と、前記ナセルハウジング 115 内に収納固定され、ロータヘッドからの回転を受けて発電を行う発電機（図示せず）とを

5 備えている。

ここで、前記軸受 114 のインナーレースはタワー 111 に固定されているが、このインナーレースの内周には多数の内歯 18 が形成され、この結果、このインナーレースは、タワー 111 または風力発電ユニット 113 のいずれか一方、この第 3 実施形態ではタワー 111 の上端部に取付けられた第 1 歯車としてのリング状の内歯車 119 を構成する。

10 このようにインナーレースを内歯車 119 にも共用すれば、装置全体の構造が簡単となり、小型化することもできる。

120 は減速機 121 を間に介装した状態でタワー 111 または風力発電ユニット 113 の残り他方、この第 3 実施形態では風力発電ユニット 113 のナセルハウジング 115 に取付けられた複数の駆動モータとしての流体モータであり、これら流体モータ 120
15 は周方向に等距離離れて配置されている。そして、これら流体モータ 120 に駆動エネルギーが供給、ここでは駆動モータが流体モータ 120 であるため、高圧流体が供給されると、該流体モータ 120 の出力軸 22 が回転するが、この出力軸 122 の回転駆動トルクは減速機 121 によって減速された後、該減速機 121 の回転軸 123 に固定された第 2 歯車としての外歯車であるピニオン 124 に付与され、該ピニオン 124 を回転させる。
20 ここで、これらピニオン 124 は前記内歯車 119 の内歯 118 に噛み合っており、この結果、前述のようにピニオン 124 が回転すると、風力発電ユニット 113 はタワー 111 に軸受 114 を介して支持されながらヨー回転する。

125 はモータ 126 により駆動回転されることでタンク 127 から吸入した流体を供給通路 128 に高圧流体として吐出する流体ポンプであり、この供給通路 128 の途中
25 にはチェック弁 129 が介装されるとともに、その終端には CPU 等からなる制御部 130 により制御される複数、ここでは流体モータ 120 と同数のソレノイド式切換弁 131

が接続されている。また、この切換弁 131 と前記タンク 127 とは排出通路 132 により接続されている。133、134 は対をなす流体モータ 120 と切換弁 131 とを接続する一対の給排通路であり、これら給排通路 133、134 は前記切換弁 131 が流れ位置（平行流位置あるいは交差流位置）に切換えられることで、いずれか一方が高圧側に、

5 残り他方が低圧側になり、これにより、流体モータ 120 は正回転または逆回転する。

前記制御部 130 には風向計 137、ポテンシオメータ 138 が接続されているため、この制御部 130 には現在の風向を示す風向計 137 からの風向信号が入力されるが、このとき、現在の風向と風力発電ユニット 113 の旋回方向とが異なっていると、制御部 130 は切換弁 131 を切換えて流体モータ 120 を正回転または逆回転させ、風力発電ユ

10 ニット 131 が正面から風を受けて高効率で発電できるよう、該風力発電ユニット 113 を風向に追従してヨー旋回させる。

141 は前記供給通路 128 とタンク 127 とを接続するリリーフ通路であり、このリリーフ通路 141 の途中には流体回路の通常のライン圧より高圧でリリーフするリリーフ弁 142 が介装され、このリリーフ弁 142 は流体回路を異常高圧から保護している。

143 は前記リリーフ弁 142 のパイロット通路に接続されたソレノイド式の開閉弁であり、この開閉弁 143 の開閉動作は前記制御部 130 により制御される。144 は前記開閉弁 143 とタンク 127 とを接続する低減通路であり、この低減通路 144 の途中には、リリーフ圧が、風力発電ユニット 113 の通常ヨー旋回時に流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力（通常のライン圧）より低圧に設定された低圧リリーフ弁 145 が

20 介装されている。

そして、この低圧リリーフ弁 145 は、制御部 130 により開閉弁 143 が開状態に切換えられると、流体をタンク 127 にリリーフして流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力を通常時より低減させる（小さくする）。前述した開閉弁 143、低減通路 144、低圧リリーフ弁 145 は全体として、流体モータ 120 に供給される流体圧力を、通常ヨー旋回時において流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力より小とする低減

25 手段 146 を構成する。なお、この低減手段 146 として、保護用リリーフ弁 142 の代

わりに、制御部130からの入力信号値に比例して通過流体圧力を調節することができる比例圧力制御弁を用いるようにしてもよい。この場合には、前述した開閉弁143、低減通路144、低圧リリーフ弁145は不要となり、この比例圧力制御弁で、異常高圧時のリリーフと、ライン圧より低い圧力でのリリーフとの双方を行うことになる。

- 5 151は流体モータ120に付設され、該流体モータ120の出力軸122に所定値の制動トルクを付与することができる制動手段としての摩擦板を用いたネガティブブレーキであり、このネガティブブレーキ151は固定ケーシング152を有し、この固定ケーシング152内にはピストン153が移動可能に収納されている。また、前記固定ケーシング152内には、ピストン153と固定ケーシング152の段差面154との間に配置
- 10 され、流体モータ120の出力軸122の外側にスプライン結合された少なくとも1枚の回転摩擦板156、および、前記回転摩擦板156に接近離隔可能で、固定ケーシング152の内壁にスプライン結合された少なくとも1枚の固定摩擦板157が収納されている。

- 15 158はピストン153を介して回転、固定摩擦板156、157に付勢力を付与することができるスプリングであり、このスプリング158は前記回転、固定摩擦板156、157を段差面154に押し付けることで、これら回転、固定摩擦板156、157同士を摩擦接触させる。前述した固定ケーシング152、ピストン153、回転、固定摩擦板156、157、スプリング158は全体として、前記ネガティブブレーキ151を構成する。
- 20 159は前記給排通路133、134同士を接続する選択通路であり、この選択通路159の途中には高圧側である給排通路133または134から高圧流体を選択して取り出す選択弁160が介装されている。そして、この選択弁160によって取り出された高圧流体は、該選択弁160と前記固定ケーシング152内の制動室とを接続するブレーキ通路161を通じて前記制動室に導かれるが、このとき、ピストン153は前記高圧流体
- 25 によりスプリング158に対抗して回転、固定摩擦板156、157から離脱するよう移動し、これにより、回転、固定摩擦板156、157は互いに離隔する。

ここで、前記固定ケーシング 152 の制動室とタンク 127 とは図示していない排出通路により接続され、また、この排出通路の途中には前記切換弁 131 が介装されている。そして、前記切換弁 131 が流れ位置に切換えられているときには、切換弁 131 により排出通路が途中で遮断され、この結果、前述のように固定ケーシング 152 の制動室には
5 選択弁 160 によって取り出された高圧流体が供給されるが、切換弁 131 が中立位置に切換えられると、排出通路は連通して固定ケーシング 152 の制動室から流体をタンク 127 に排出しピストン 153 に対する流体力付与を終了する。

このように、切換弁 131 が中立位置に切換えられて流体モータ 120 に対する高圧流体の供給が停止した時点から、固定ケーシング 152 の制動室から流体が排出され、この
10 結果、ネガティブブレーキ 151 はスプリング 158 の付勢力により回転、固定摩擦板 156、157 同士を摩擦接触させて、流体モータ 120 に所定値の制動トルクを付与する一方、切換弁 131 が流れ位置に切換えられて流体モータ 120 に対し高圧流体の供給が開始された時点から、固定ケーシング 152 の制動室に高圧側の給排通路 133 または 134 から取り出された高圧流体が供給されてピストン 153 を回転、固定摩擦板 156、
15 157 から離脱させ、流体モータ 120 に対する制動トルク付与を終了する。

ここで、前記低減手段 146 は制御部 130 による制御により 2 回のタイミングで流体圧力を低下させるが、その 1 つは、流体モータ 120 への高圧流体供給開始時点から開始されるとともに、流体モータ 120 への高圧流体供給開始時点から所定時間経過した後において終了し、そのもう 1 つは、流体モータ 120 に対する高圧流体供給停止時点から所
20 定時間遡った直前の時点から開始され、流体モータ 120 に対する高圧流体供給停止時点において終了する。なお、この低減手段 146 による流体圧力の低下は、前述の期間は必ず行わなければならないが、その前後において流体圧力を低下させることを妨げるものではない。例えば、流体モータ 120 への高圧流体供給開始時点以前のある時点から流体圧力を低下させたり、あるいは、流体モータ 120 に対する高圧流体供給停止時点以後も流
25 体圧力を低下させるようにしてもよい。

このように流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力を低減手段 146 によって

5 5 高圧流体供給開始時点から、通常ヨー旋回時の流体圧力より低下させた（小とした）ので、
ピニオン 124 に対して回転開始時に流体モータ 120 から付与される回転駆動トルク
は、前記圧力が低下した流体エネルギーに対応した小さな値となる。この結果、ピニオン
124 の回転開始時におけるピニオン 124 の歯と内歯車 119 の内歯 118 との間の
10 衝撃が低減され、これにより、ピニオン 124、内歯車 119 の歯の損傷や、騒音を低減
させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。このような状態で
短い所定時間が経過すると、流体モータ 120 の出力軸 22 の回転速度はある程度の値ま
で上昇するが、この時点で前記低減手段 146 による流体圧力の低下が終了するため、こ
の時点以後は流体モータ 120 に対し通常ヨー旋回時に供給されるライン圧の高圧流体
10 が供給され、風力発電ユニット 113 のヨー旋回が行われる。

また、前述のように流体モータ 120 に対する高圧流体供給停止時点の直前から該高圧
流体供給停止時点までの所定時間の間、流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力を、
通常ヨー旋回時の圧力より低下させ、この間における流体モータ 120 から風力発電ユニ
15 ャット 113 への付与旋回力を小さくしてやれば、風力発電ユニット 113 は前述の間にロ
ータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によりその旋回速度が徐々に低下する。そして、
このように旋回速度が低下し、流体モータ 120 への駆動エネルギーの供給が停止した時
点において、所定値の制動トルクをネガティブブレーキ 151 から流体モータ 120 に付
与するようにすれば、ピニオン 124 の歯と内歯車 119 の内歯 118 との間の衝撃が低
減され、これにより、ピニオン 124、内歯車 119 の歯の損傷や、騒音を低減させるこ
20 とができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

ここで、前記風力発電ユニット 113 が旋回停止状態にあるとともに、ネガティブブレ
ーキ 151 が流体モータ 120 に制動トルクを付与しているときに、突風などの過大な風
負荷が風力発電ユニット 113 に作用して該風力発電ユニット 113 がネガティブブレ
ーキ 151 による制動を振り切って旋回することがあるが、このときには風力発電ユニッ
25 ト 113 の旋回が内歯車 119、ピニオン 124、減速機 121 を通じて流体モータ 120
およびネガティブブレーキ 151 に伝達され、流体モータ 120 を駆動回転して流体モ

ータ１２０にポンプ作用を行わせるとともに、回転、固定摩擦板１５６、１５７同士を摩擦接触した状態のまま回転させることになる。このような場合には、給排通路１３３または１３４内の圧力が異常高圧まで上昇するとともに、ネガティブブレーキ１５１が摩擦熱により加熱されて損傷するおそれがある。

- 5 このため、この第３実施形態においては、前記一対の給排通路１３３、１３４同士を接続通路１６４で接続するとともに、該接続通路１６４の途中に可変式絞り１６５を介装したのである。これにより、前記流体モータ１２０がポンプ作用を行うことで給排通路１３３または１３４に吐出された流体を前記絞り１６５によって絞りながら吸入側の給排通路１３３または１３４に流出させ、これにより、吐出側の給排通路１３３または１３４内の
10 の圧力が異常高圧まで上昇するのを防止するとともに、絞り１６５を通過する流体量を一定量に制限することで、流体モータ１２０の回転速度を制御することができる。

次に、前記第３実施形態の作用について説明する。

- 今、風力発電ユニット１１３が風を正面から受けているため、切換弁１３１が中立位置に切換えられて流体モータ１２０への高圧流体供給が停止され、風力発電ユニット１１３
15 のヨー旋回が停止しているとする。このとき、固定ケーシング１５２の制動室から流体が、第７図（ｂ）に示すように、排出されているため、ネガティブブレーキ１５１はスプリング１５８の付勢力により回転、固定摩擦板１５６、１５７同士を摩擦接触させ、流体モータ１２０に所定値の制動トルクを付与している。

- 次に、風向きが変わると、風向計１３７がこの風向きの変化を検出して制御部１３０に
20 風向信号を出力する。この結果、制御部１３０は、第７図（ｃ）（ｄ）に示すように時間Ｔ１において、切換弁１３１Ａ、Ｂの一方のコイルに切換弁電圧を付与し、これら切換弁１３１Ａ、Ｂを流れ位置、例えば平行流位置に切換える。これにより、流体ポンプ１２５から吐出された高圧流体が供給通路１２８、給排通路１３３を通じて流体モータ１２０に供給され、該流体モータ１２０を駆動回転させるとともに、流体モータ１２０から排出さ
25 れた流体を給排通路１３４、排出通路１３２を通じてタンク１２７に排出する。

このように給排通路１３３に高圧流体が供給されると、選択弁１６０が給排通路１３３

から高圧流体を選択して取り出し、ブレーキ通路 161 を通じて固定ケーシング 152 内の制動室に供給し、第 7 図 (b) に示すように制動室内の圧を上昇させる。この結果、ピストン 153 は流体圧を受けてスプリング 158 に対抗しながら回転、固定摩擦板 156、157 から離脱するよう移動し、時間 T1 から流体モータ 120 に対する制動トルク付与を終了する。

また、この時間 T1 となったとき、制御部 130 により開閉弁 143 に対し、第 7 図 (e) に示すように、開閉弁電圧が印加され、該開閉弁 143 が開状態に切換えられるため、低圧リリーフ弁 145 は流体を低圧でリリーフして流体モータ 120 に供給される流体の圧力を通常時のライン圧より低減させる。このように流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力を、低減手段 146 によって高圧流体供給開始時点 T1 から、通常ヨー旋回時の流体圧力 (ライン圧) より低下させたので、ピニオン 124 に対して回転開始時に流体モータ 120 から付与される回転駆動トルクは、前記圧力が低下した流体エネルギーに対応した小さな値となる。この結果、ピニオン 124 の回転開始時におけるピニオン 124 の歯と内歯車 119 の内歯 118 との間の衝撃が低減される。

そして、前述のように流体モータ 120 に低圧の流体が供給されると、流体モータ 120 の出力軸 122 の回転速度が、第 7 図 (a) に示すように、徐々に高くなるが、前記切換弁 131 が流れ位置に切換えられた時間 T1 から短い所定時間が経過し、時間 T2 となると、前記出力軸 122 の回転速度がある程度まで上昇する。このとき、第 7 図 (e) に示すように、制御部 130 によって開閉弁 143 が開状態に切換えられるため、低圧リリーフ弁 145 から流体がリリーフなくなり、流体モータ 120 に供給される流体圧力が、通常ヨー旋回時に流体モータ 120 に供給される高圧流体の圧力 (ライン圧) に復帰する。この結果、流体モータ 120 の出力軸 122 は急加速されて定常回転速度まで回転速度が上昇し、風力発電ユニット 113 は風を正面から受けるよう通常のヨー旋回速度で旋回する。

そして、風力発電ユニット 113 が風を正面から受ける位置の直前までヨー旋回し、時間 T3 となると、第 7 図 (e) に示すように、制御部 130 から開閉弁 143 に開閉弁電

圧が印加されて、該開閉弁 143 が開状態に切換えられ、低圧リリーフ弁 145 がリリーフする。これにより、流体モータ 120 に供給される流体の圧力が低下し、流体モータ 120 の回転駆動トルクが小さな値となる。その後、前記時間 T3 から所定時間経過して高圧流体供給停止時点 T4 となると、第 7 図 (b) (c) に示すように、切換弁 131A、
5 B に対する制御部 130 からの切換弁電圧付与が終了し、切換弁 131A、B が中立位置に切り換わる。これにより、流体モータ 120 に対する高圧流体の供給が停止する。

このように流体モータ 120 に対する高圧流体供給停止時点 T4 の直前から、時間 T4 までの短い所定時間の間、流体モータ 120 に供給される流体の圧力を、通常ヨー旋回時において流体モータ 120 に供給される流体の圧力 (ライン圧) より低くし、この間に
10 ける流体モータ 120 から風力発電ユニット 113 への付与旋回力を小さくすれば、風力発電ユニット 113 は前述の間にロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によりその旋回速度が徐々に低下する。

また、前述のように時間 T4 となり切換弁 131 が中立位置に切換えられると、固定ケーシング 152 の制動室から流体がタンク 127 に排出されるが、このとき、スプリング
15 158 の付勢力により回転、固定摩擦板 156、157 同士が摩擦接触され、ネガティブブレーキ 151 は流体モータ 120 に所定値の制動トルクを付与する。このように風力発電ユニット 113 の旋回速度が低下し、また、流体モータ 120 への流体供給が停止した時点 T4 において、所定値の制動トルクをネガティブブレーキ 151 により流体モータ 120 に付与するようにすれば、ピニオン 124 の歯と内歯 118 の内歯車 119 との間の
20 衝撃が低減され、これにより、ピニオン 124、内歯車 119 の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

そして、前述のようにネガティブブレーキ 151 から流体モータ 120 に制動トルクが付与されると、流体モータ 120 の出力軸 122 の回転速度が、第 7 図 (a) に示すように、急速に低下する。ここで、前述の開閉弁 143 は前記時間 T4 において切換弁 131
25 を中立位置に切換えると同時に閉状態に切換えてもよいが、この第 3 実施形態においては、この時間 T4 後も所定時間だけ開状態を継続させている。その後、時間 T5 となると、第

7図(a)に示すように、流体モータ120の出力軸122の回転が停止し、風力発電ユニット113のヨー旋回も停止する。このとき、風力発電ユニット113は風を正面から受けるようになり、発電効率が最も高くなる。

また、この時間T5となると、第7図(d)に示すように、制御部130から一部の
5 切換弁131、ここでは切換弁131Bの他方のコイルに切換弁電圧が付与され、切換弁131Bが、例えば交差流位置に切換えられる。この結果、切換弁131Bを通じて給排通路134に圧力流体が供給されるが、このときの流体圧力は開閉弁143が時間T3から開状態を継続しているため、低圧リリーフ弁145により決定された低い圧力である。

そして、前述のように給排通路134に低圧流体が供給されると、ネガティブブレーキ
10 151が流体モータ120を制動から解放するため、流体モータ120はピニオン124を前述と逆方向に回転させるが、このときの回転駆動トルクは小さな値であるので、ピニオン124は衝撃が抑制された状態で内歯車119の内歯118に当接し、これらの間のバックラッシュを取り除く。これにより、次の風力発電ユニット113のヨー旋回開始時におけるピニオン124の歯と内歯車119の内歯118との間の衝撃をより効果的
15 に低減させることができる。

ここで、一部の切換弁131に付与する切換弁電圧は、前述とは逆に一方のコイルに付与するようにしてもよい。この場合には、ピニオン124はヨー旋回時と同一方向に回転することになる。なお、このように一部の切換弁131のいずれかの側のコイルに切換弁電圧を付与したとき、残りの切換弁131には切換弁電圧を付与しない場合が多いが、該
20 残りの切換弁131の異なる側のコイルに切換弁電圧を付与するようにしてもよい。そして、時間T6となると、第7図(d)(e)に示すように、前記切換弁131Bに対する切換弁電圧の付与が停止して該切換弁131Bが中立位置に復帰するとともに、開閉弁143に対する開閉弁電圧の印加が終了して、開閉弁143が閉状態に切換えられる。この結果、流体モータ120の出力軸122の回転が停止し、風力発電ユニット113は次に
25 風向きが変わるまで旋回を停止し待機状態となる。

このような風力発電ユニット113の旋回停止中に突風等が吹いて風力発電ユニット

1 1 3に過大な風負荷が作用し、該風力発電ユニット1 1 3がネガティブブレーキ1 5 1
による制動を振り切って旋回することがある。このときには流体モータ1 2 0がポンプ作
用を行い給排通路1 3 3または1 3 4のいずれか一方から流体を吸入するとともに、給排
通路1 3 3または1 3 4の残り他方に流体を吐出する。このとき、切換弁1 3 1は中立位
5 置に切換えられているので、吐出側の給排通路1 3 3、1 3 4内の圧力が上昇し、これに
より、固定ケーシング1 5 2の制動室内の内圧が時間T 7において、第7図(b)に示すよ
うに、急上昇し、流体モータ1 2 0に対するネガティブブレーキ1 5 1の制動が解除され
る。

また、このとき、吐出側の給排通路1 3 3、1 3 4に吐出された流体は絞り1 6 5に絞
10 られながら吸入側の給排通路1 3 3または1 3 4に流出するため、吐出側の給排通路1 3
3または1 3 4内の圧力が異常高圧まで上昇するのを防止することができるとともに、絞
り1 6 5を通過する流体量を一定量に制限することで、流体モータ1 2 0の回転速度を制
御し、流体モータ1 2 0の出力軸1 2 2および風力発電ユニット1 1 3が高速回転する事
態を防止することができ、さらに、吐出側の給排通路1 3 3または1 3 4内の圧力は流体
15 モータ1 2 0に背圧として作用するため、流体モータ1 2 0に流体制動を付与することが
できる。その後、時間がT 8となって風力発電ユニット1 1 3の旋回が停止すると、給排
通路1 3 3または1 3 4の圧力が低下するため、固定ケーシング1 5 2の制御室内の圧力
も、第7図(b)に示すように低下し、ネガティブブレーキ1 5 1は再び流体モータ1 2
0に制動力を付与する。

20 次に、前記減速機を用いたヨー駆動方法及び装置に関する第4実施形態について、第8
図を用いて説明する。ここで、第4実施形態は前記第3実施形態と構造が大部分で同一で
あるため、同一部分については、重複説明を省略して図面に同一番号を付すだけとし、異
なる部分のみ説明する。同図において、1 7 0は給排通路1 3 3、1 3 4の途中に介装さ
れ、チェック弁1 7 1を有するカウンターバランス弁であり、これらカウンターバランス
25 弁1 7 0は、流体モータ1 2 0の回転により風力発電ユニット1 1 3が旋回しているとき、
該風力発電ユニット1 1 3の旋回方向と同一方向の大きな風負荷が作用すると、流体モー

タ 1 2 0 が該風負荷を受けてポンプ作用を行うが、このとき、吐出側の給排通路 1 3 3 または 1 3 4 の圧力を受けて閉状態に近付くよう切り換わり、流体モータ 1 2 0 の暴走を防止するようにしている。

- また、この第 4 実施形態においては、選択通路 1 5 9、選択弁 1 6 0、ブレーキ通路 1 6 1 の代わりに、風速を計測する風速計 1 7 2 からの風速信号を基に制御部 1 3 0 から出力される制御弁電圧によって切り換わる制御弁 1 7 3 と、該制御弁 1 7 3 と供給通路 1 2 8 とを接続し、途中にチェック弁 1 7 4、アキュムレータ 1 7 5 が介装された流体通路 1 7 6 と、制御弁 1 7 3 とネガティブブレーキ 1 5 1 の制御室とを接続する給排通路 1 7 7 と、制御弁 1 7 3 とタンク 1 2 7 とを接続する排出通路 1 7 8 とを設けている。
- そして、このように風速を計測する風速計 1 7 2 をさらに設け、風力発電ユニット 1 1 3 の旋回停止中に、風速計 1 7 2 で計測した風速が所定値以上となったとき、制御部 1 3 0 から制御弁 1 7 3 への制御弁電圧の出力を停止して該制御弁 1 7 3 を供給位置に切換え、これにより、高圧流体を供給通路 1 2 8 からネガティブブレーキ 1 5 1 の制御室に供給して流体モータ 1 2 0 をネガティブブレーキ 1 5 1 による制動から解放するようにすれば、突風などの過大な風負荷が風力発電ユニット 1 1 3 に作用して流体モータ 1 2 0 がポンプ作用を行うようになったとき、該流体モータ 1 2 0 がネガティブブレーキ 1 5 1 から制動を受けながら回転することで機器に悪影響が生じさせる事態を容易かつ確実に防止することができる。なお、この制御弁 1 7 3 は、停電したとき、制御弁電圧が印加されなくなるため、供給位置に切り換わって、アキュムレータ 1 7 5 からネガティブブレーキ 1 5 1 に高圧流体を導き、流体モータ 1 2 0 をネガティブブレーキ 1 5 1 による制動から解放する。

- さらに、この第 4 実施形態においては、絞り 1 6 5 の代わりに、いずれかの給排通路 1 3 3、1 3 4 がライン圧より高圧でリリーフ弁 1 4 2 のリリーフ圧より低圧の所定圧以上となったとき開に切り換わるリリーフ弁 1 8 0 を接続通路 1 6 4 の途中に介装している。
- このようにすれば、風力発電ユニット 1 1 3 の旋回停止中に、突風などの過大な風負荷が風力発電ユニット 1 1 3 に作用して流体モータ 1 2 0 がポンプ作用を行い、給排通路 1 3

3または134が所定圧以上まで上昇すると、この圧力を受けてリリーフ弁180が開に切り換わり、吐出側の高圧流体を吸入側に流出させて、吐出側の圧力を所定圧（リリーフ圧）に制限することができる。この結果、流体モータ120にリリーフ圧が背圧として作用して流体制動力が付与され、流体モータ120はその回転が抑制されるとともに、トルク制御される。これにより、従来、風力発電ユニットを固定させるために必要としていた、タワーの上端部に固定されているブレーキディスク、および、該ブレーキディスクを挟む摩擦固定式ブレーキシューからなる油圧ブレーキを省略することができる。

そして、この第4実施形態においては、風力発電ユニット113の旋回停止中、制御部130から制御弁173に対し制御弁電圧を継続して印加している。次に、時間T1となると、第9図（f）に示すように、制御部130から制御弁173に対する制御弁電圧の印加を停止する。この結果、供給通路128から流体通路176、給排通路177を通じてネガティブブレーキ151の制御室に高圧流体が供給され、流体モータ120は、この時間T1においてネガティブブレーキ151による制動から解放される。その後、前記制御弁電圧は時間T4において印加が開始されるため、この時間T4からネガティブブレーキ151は流体モータ120に対し制動力を付与する。

また、風力発電ユニット113の旋回停止中に、突風などが吹いて風速が所定値以上となると、風速計172からの風速信号に基づいて、第9図（f）に示すように、制御部130から制御弁173に対する制御弁電圧の印加が停止され、該制御弁173が供給位置に切換わる。これにより、高圧流体が供給通路128からネガティブブレーキ151の制御室に供給され、流体モータ120をネガティブブレーキ151による制動から解放して、機器に悪影響が生じる事態を防止する。そして、このような制御弁電圧は、風力発電ユニット113の旋回が停止した時間T8となると、印加が再開される。なお、他の構成、作用は前記第3実施形態と同様である。

次に、前記減速機を用いたヨー駆動方法及び装置に関する第5実施形態について説明する。この第5実施形態においては、低減手段146を省略する一方、風力発電ユニット113のヨー旋回を停止させるとき、流体モータ120に対する高圧流体の供給停止を、前

記第3実施形態、4とは異なったタイミング、即ち、時間T3に切換弁131に対して切換弁電圧を停止することで行う。そして、この時間T3から短い所定時間が経過した時間T4に、制御部130から制御弁173に対する制御弁電圧の印加を開始して該制御弁173を排出位置に切換え、ネガティブブレーキ151から流体モータ120に所定値の制動トルクを付与するようにしている。

- この結果、前記流体モータ120に対する高圧流体の供給停止時点T3から所定時間が経過するまでの間に、風力発電ユニット113はロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によってその旋回速度が徐々に低下する。そして、このように旋回速度が低下した時点で前述の制動トルクがネガティブブレーキ151から流体モータ120に付与されるため、ピニオン124の歯と内歯車119の内歯118との間の衝撃が低減され、これにより、ピニオン124、内歯車119の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

- なお、前述の実施形態においては、第1歯車（内歯車119）をタワー111に、流体モータ120を風力発電ユニット113に取付けるようにしたが、この発明においては、第1歯車を風力発電ユニットに、駆動モータをタワーに取付けるようにしてもよい。また、前述の実施形態においては、駆動モータとして流体モータ120を用いたが、この発明においては、電動モータを用いてもよい。この場合には、駆動エネルギーは電力となるが、その供給電力値を制御するには、サイリスタ、トライアック等を用いればよい。さらに、前述の実施形態においては、第1歯車としてリング状の内歯車119を、第2歯車として外歯車であるピニオン124を用いたが、この発明においては、第1、第2歯車として共に外歯車を用いてもよい。また、前述の実施形態においては、流体モータ（駆動モータ）120を周方向に等距離離して配置したが、これらの駆動モータは周方向に異なった距離だけ離れていてもよい。

- 次に、前記減速機を用いたヨー駆動方法及び装置に関する第6実施形態について、図面に基づいて説明する。

図10、11において、211は風力発電機212のタワー（支柱）であり、このタワ

ー 2 1 1 の上端部には風力発電ユニット 2 1 3 が軸受 2 1 4 を介してヨー旋回可能、即ち略水平面内で旋回可能に支持されている。ここで、この風力発電ユニット 2 1 3 は周知の構造で、ナセルハウジング 2 1 5 と、該ナセルハウジング 2 1 5 に支持され、ほぼ水平な軸線回りに回転可能な図示していないロータヘッドと、該ロータヘッドに半径方向内端部
5 が回転可能に連結された複数の風車ブレード（図示せず）と、前記ナセルハウジング 2 1 5 内に収納固定され、ロータヘッドからの回転を受けて発電を行う発電機（図示せず）とを備えている。

ここで、前記軸受 2 1 4 のインナーレースはタワー 2 1 1 に固定されているが、このインナーレースの内周には多数の内歯 2 1 8 が形成され、この結果、このインナーレースは、
10 タワー 2 1 1 または風力発電ユニット 2 1 3 のいずれか一方、この第 6 実施形態ではタワー 2 1 1 の上端部に取付けられた第 1 歯車としてのリング状の内歯車 2 1 9 を構成する。このようにインナーレースを内歯車 2 1 9 にも共用すれば、装置全体の構造が簡単となり、小型化することもできる。

2 2 0 は減速機 2 2 1 を間に介装した状態でタワー 2 1 1 または風力発電ユニット 2
15 1 3 の残り他方、この第 6 実施形態では風力発電ユニット 2 1 3 のナセルハウジング 2 1 5 に取付けられた複数の駆動モータとしての電動モータであり、これら電動モータ 2 2 0 は周方向に等距離離れて配置されている。そして、これら電動モータ 2 2 0 に駆動エネルギーが供給、ここでは駆動モータが電動モータ 2 2 0 であるため通電（電力が供給）されると、該電動モータ 2 2 0 の出力軸（図示せず）が回転するが、この出力軸の回転駆動
20 ルクは減速機 2 2 1 によって減速された後、該減速機 2 2 1 の回転軸 2 2 2 に固定された第 2 歯車としての外歯車であるピニオン 2 2 3 に付与され、該ピニオン 2 2 3 を回転させる。ここで、これらピニオン 2 2 3 は前記内歯車 2 1 9 の内歯 2 1 8 に噛み合っており、この結果、前述のようにピニオン 2 2 3 が回転すると、風力発電ユニット 2 1 3 はタワー 2 1 1 に軸受 2 1 4 を介して支持されながらヨー旋回する。

25 2 2 6 は CPU 等の制御部であり、この制御部 2 2 6 には風向計 2 2 7、ポテンシオメータ 2 2 8 からの風向信号が入力される。そして、この制御部 2 2 6 は現在の風向を示す

前記風向信号に基づいて電動モータ220を作動させ、風力発電ユニット213が正面から風を受けて高効率で発電できるよう、該風力発電ユニット213を風向に追従してヨー旋回させる。

- 231は電動モータ220に付設され、該電動モータ220の出力軸に該電動モータ220の最大駆動トルクより小さな値の制動トルクを付与することができる制動手段であり、この制動手段231としては、この第6実施形態では周知の摩擦板を用いた電磁ブレーキが用いられている。そして、前記制御部226の制御により制動手段231に通電されると、該制動手段231は電動モータ220の出力軸に制動トルクを付与し、一方、制御部226の制御により制動手段231に対する通電が停止すると、制動手段231は電動モータ220の出力軸を制動から解放する。

- ここで、前記制動手段231は制御部226による制御により電動モータ220に対し少なくとも2つの時点から制動トルクの付与を開始するが、その1つである始制動トルク（低減用トルク）の付与は電動モータ220への通電開始時点からであり、そのもう1つである終制動トルク（停止用トルク）の付与は電動モータ220に対する通電停止時点から所定時間経過した後である。また、前記始制動トルクの付与は、前記通電開始時点から短い所定時間が経過した時点で終了し、一方、終制動トルクの付与は、風力発電ユニット213の旋回が停止した後に終了させてもよいが、風負荷等により風力発電ユニット213が旋回するのを防止するためには、少なくとも電動モータ220への通電開始までは終了させず、風力発電ユニット213のヨー旋回停止中、継続して制動トルクを付与するようにすることが好ましい。

- このように電動モータ220への通電開始時点から短い所定時間、制動手段231によって電動モータ220に始制動トルクを付与するようにすれば、ピニオン223には回転開始時に、電動モータ220の出力駆動トルクから前記始制動トルクを差し引いた値の回転駆動トルクが減速された状態で付与されることになる。ここで、前記始制動トルクは前述のように電動モータ220の最大駆動トルクより小さな所定値であるため、ピニオン223は回転し風力発電ユニット213をヨー旋回させることができるが、このときの回転

駆動トルクは前述のように差し引いた小さな値であり、しかも、ピニオン223の回転速度は始制動トルクにより低減されているので、ピニオン223の歯と内歯車219の内歯218との間の衝撃が低減され、これにより、ピニオン223、内歯車219の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。このような状態で短い所定時間が経過すると、電動モータ220の回転速度はある程度の値まで上昇するが、この時点で前記制動手段231から電動モータ220への始制動トルク付与が終了し、風力発電ユニット213のヨー旋回が行われる。

また、前述のように電動モータ220に対する通電停止時点から所定時間経過した後に制動手段231によって電動モータ220に終制動トルクを付与するようにすれば、電動モータ220に対する通電停止時点から所定時間が経過するまでの間に、風力発電ユニット213はロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によってその旋回速度が低下する。そして、このように旋回速度が低下した時点で前述の終制動トルクが制動手段31から電動モータ220に付与されるため、ピニオン223の歯と内歯車219の内歯218との間の衝撃が低減され、これにより、ピニオン223、内歯車219の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

ここで、前述の始、終制動トルクは時間の経過に関係なく一定値であってもよく、また、時間の経過とともに漸減、漸増する形態であってもよい。さらに、これら始、終制動トルクの値は、同一であってもよく、あるいは、互いに異なってもよく、特に、終制動トルクに関しては、電動モータ220の最大駆動トルク以上の値であってもよい。

また、この第6実施形態においては、前記終制動トルク付与を所定時間経過後に終了させる

ことなく、制動手段231によって電動モータ220への通電が開始する時点まで継続させ（前述のようにこの時点からは始制動トルク用の通電が開始される）、電動モータ220の停止時における風力発電ユニット213のヨー旋回を制限するようにしている。このように同一の制動手段231に衝撃低減機能と、電動モータ220の停止時における風力発電ユニット213の旋回制限機能の双方を持たせるようにすれば、前記2つの機能別

に制動手段を設けた場合に比較して構造が簡単となり、製作費も安価とすることができる。

ここで、前記風力発電ユニット 213 が旋回停止状態にあるとともに、制動手段 231 が電動モータ 220 に制動トルク（終制動トルク）を付与しているときに、突風などの過大な風負荷が風力発電ユニット 213 に作用して該風力発電ユニット 213 が制動手段 31 による制動を振り切って旋回することがあるが、このときには風力発電ユニット 213 の旋回が内歯車 219、ピニオン 223、減速機 221、電動モータ 220 の出力軸を通じて制動手段 231 に伝達され、摩擦板同士が摩擦接触した状態のまま回転することになる。このような場合には、摩擦熱が発生し制動手段 231 が該摩擦熱により加熱され損傷するおそれがある。

- 10 このため、この第 6 実施形態においては、前記制動手段 231 に該制動手段 231 内の温度を検出する検出センサ 233 を取付けて制動手段 231 内の温度を常時検出するとともに、その検出信号を制御部 226 に出力するようにしている。この結果、前述のような摩擦熱によって制動手段 231 内が許容温度以上まで上昇すると、検出センサ 233 からの異常信号に基づいて制御部 226 が制動手段 231 の電動モータ 220 に対する制
- 15 動トルク付与を終了させ、これにより、前述のような損傷という事態を防止している。

- 235 はモータ 236 により駆動回転されることでタンク 237 から吸い込んだ流体を供給通路 238 に高圧流体として吐出する流体ポンプであり、この供給通路 238 の途中にはチェック弁 239 およびアキュムレータ 240 が介装されるとともに、その終端には制御部 226 により制御されるソレノイド式の切換弁 241 が接続されている。また、
- 20 この切換弁 241 と前記タンク 237 とは排出通路 242 により接続されている。243 は風力発電ユニット 213 のナセルハウジング 215 に取付けられた複数のブレーキ機構であり、これらブレーキ機構 243 は周方向に等距離離れて配置されている。

- 各ブレーキ機構 243 は切換弁 241 に給排通路 244 を介して接続された流体シリンダ 245 と、該流体シリンダ 245 により駆動される摩擦固定式のブレーキシュー 24
- 25 6 とから構成されている。247 はタワー 211 の上端部に固定されたリング状のブレーキディスクであり、このブレーキディスク 247 を、前記流体シリンダ 245 に高圧流体

が供給されたとき、ブレーキシュー２４６により両側から挟持することで、風力発電ユニット２１３に流体制動力を付与し、該風力発電ユニット２１３が小刻みに無意味にヨー旋回するのを防止している。前述した流体ポンプ２３５、モータ２３６、切換弁２４１、ブレーキ機構２４３、ブレーキディスク２４７は全体として流体ブレーキ２４８を構成する。

5 次に、前記第６実施形態の作用について説明する。

今、風力発電ユニット２１３が風を正面から受けているため、電動モータ２２０への通電が停止され、風力発電ユニット２１３のヨー旋回が停止しているとする。このときには、図１２（ｂ）に示すように、制御部２２６は制動手段２３１に対して所定電圧で通電し、電動モータ２２０の出力軸に対して制動トルクを付与している。一方、流体ブレーキ２４
10 ８においては、制御部２２６により切換弁２４１が供給位置に切換えられ、流体ポンプ２３５から吐出された高圧流体が流体シリンダ２４５に供給されているため、ブレーキシュー２４６がブレーキディスク２４７を挟持して風力発電ユニット２１３に流体制動力を付与している。

次に、風向きが変わると、風向計２２７がこの風向きの変化を検出して制御部２２６に
15 風向信号を出力する。この結果、制御部２２６は、図１２（ｃ）に示すように時間Ｔ１において、電動モータ２２０に対し所定電圧で通電を開始し、該電動モータ２２０の出力軸を駆動回転させる。また、この時間Ｔ１となったとき、制御部２２６により切換弁２４１が排出位置に切換えられ、流体シリンダ２４５から流体がタンク２３７に排出され、これにより、風力発電ユニット２１３は流体ブレーキ２４８の制動から解放される。一方、制
20 動手段２３１は前記電動モータ２２０への通電開始時点Ｔ１から電動モータ２２０に対し始制動トルクを付与するが、前述のように制動手段２３１は電動モータ２２０の回転停止中、継続して制動トルクを付与しているため、実際には、この時点の前後で制動手段２３１には通電が行われ続け、電動モータ２２０に対し制動トルク付与が継続される。このように電動モータ２２０に対し通電が開始された後も、該電動モータ２２０に対し制動手
25 段２３１から始制動トルクが付与されると、ピニオン２２３には電動モータ２２０の出力駆動トルクから前記始制動トルクを差し引いた値の回転駆動トルクが減速された状態で

付与されることになり、ピニオン223の歯と内歯車219の内歯218との間の衝撃が低減される。

このように電動モータ220に対して通電が開始されると、電動モータ220の出力軸の回転速度が、図12(a)に示すように、徐々に高くなるが、前記通電開始時点T1から短時間が経過して時間T2となり、前記出力軸の回転速度がある程度まで上昇すると、図12(b)に示すように、制動手段231への通電が停止され、該制動手段231は電動モータ220の出力軸を制動から解放する。この結果、電動モータ220の出力軸は急加速されて定常回転速度まで回転速度が上昇し、風力発電ユニット213は風を正面から受けるよう通常のヨー旋回速度で旋回する。そして、風力発電ユニット213が風を正面から受ける位置の直前までヨー旋回すると、図12(c)に示すように、電動モータ220に対する通電が停止されるが、この通電停止時点が時間T3である。

この通電停止時点T3から短い所定時間が経過して時間T4となると、図12(b)に示す

ように、制動手段231に対して通電が開始され、制動手段231が電動モータ220の出力軸に対し

終制動トルクの付与を開始する。ここで、電動モータ220に対する通電停止から制動手段231による終制動トルク付与までの間に短い所定時間が経過しているため、風力発電ユニット213はロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によってその旋回速度が低下している。そして、このように旋回速度が低下した時点で前述の終制動トルクが制動手段231から電動モータ220に付与されるため、ピニオン223の歯と内歯車219の内歯218との間の衝撃が低減される。

そして、前述のように制動手段231から電動モータ220に終制動トルクが付与されると、電動モータ220の出力軸の回転速度が、図12(a)に示すように、急速に低下し、時間T5となると、その回転が停止して風力発電ユニット213のヨー旋回も停止する。このとき、風力発電ユニット213は風を正面から受けるようになり、発電効率が最も高くなる。また、このとき、制御部226により切換弁241が供給位置に切換えられ

て流体ポンプ 2 3 5 から吐出された高圧流体が流体シリンダ 2 4 5 に供給され、ブレーキ機構 2 4 3 がブレーキディスク 2 4 7 を挟持し、風力発電ユニット 2 1 3 に前記制動手段 2 3 1 による制動力に加え、流体制動力が付与される。

- この状態で次に風向きが変化するまで風力発電ユニット 2 1 3 は旋回を停止するが、この停止中に突風等が吹いて風力発電ユニット 2 1 3 に過大な風負荷が作用し、該風力発電ユニット 2 1 3 が制動手段 2 3 1、流体ブレーキ 2 4 8 による制動を振り切って旋回を開始することがある。このときには風力発電ユニット 2 1 3 の旋回が内歯車 2 1 9、ピニオン 2 2 3、減速機 2 2 1 を通じて電動モータ 2 2 0 の出力軸に伝達され、図 1 2 (a) に示すように、該電動モータ 2 2 0 の出力軸が時間 T 6 から急加速で高速回転を開始するが、このとき、制動手段 2 3 1 の摩擦板同士が摩擦接触した状態のままで回転するため、摩擦熱が発生して制動手段 2 3 1 が加熱される。

そして、前記制動手段 2 3 1 内の温度が、時間 T 7 において許容温度以上に上昇すると、該制動手段 2 3 1 内の温度を常時検出している検出センサ 2 3 3 が制御部 2 2 6 に、図 1 2 (d) に示すよう

- に、異常信号を出力する。この結果、制御部 2 2 6 は制動手段 2 3 1 に対する通電を停止して制動トルク付与を終了させ、電動モータ 2 2 0 を制動手段 2 3 1 による制動から解放して制動手段 2 3 1 の損傷を防止する。

- その後、時間が T 8 となって風力発電ユニット 2 1 3 の旋回が停止するとともに、制動手段 2 3 1 内の温度が許容温度未満に低下すると、図 1 2 (d) に示すように、検出センサ 2 3 3 から異常信号が出力されなくなるが、このときには制御部 2 2 6 は、図 1 2 (a) に示すように、再び制動手段 2 3 1 に通電し、該制動手段 2 3 1 によって電動モータ 2 2 0 に制動トルクを付与する。

- 図 1 3 はこの発明の第 7 実施形態を示す図である。ここで、第 7 実施形態は前記第 6 実施形態と構造が大部分で同一であるため、同一部分については、重複説明を省略して図面に同一番号を付すだけとし、異なる部分のみ説明する。同図において、2 5 1 は電動モータ 2 2 0 に付設され、該電動モータ 2 2 0 に該電動モータ 2 2 0 の最大駆動トルクより小

さな値の制動トルクを付与することができる制動手段であり、ここでは、制動手段 251 として周知の摩擦板を用いた流体式ネガティブブレーキを用いている。

- 前記制動手段 251 は固定ケーシング 252 を有し、この固定ケーシング 252 内にはピストン 253 が移動可能に収納されている。また、前記固定ケーシング 252 内には、
- 5 ピストン 253 と制動手段 251 の段差面 254 との間に配置され、電動モータ 220 の出力軸 255 の外側にスプライン結合された回転側摩擦体としての少なくとも 1 枚の回転摩擦板 256、および、前記回転摩擦板 256 に接近離隔可能で、固定ケーシング 252 の内壁にスプライン結合された固定側摩擦体としての少なくとも 1 枚の固定摩擦板 257 が収納されている。258 はピストン 253 を介して回転摩擦板 256、固定摩擦板
- 10 257 に付勢力を付与することができる付勢体としてのスプリングであり、このスプリング 258 は前記回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 を段差面 254 に押し付けることで、これら回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 同士を摩擦接触するまで接近させる。

- 259 は前記固定ケーシング 252 に接続されるとともに、途中に絞り 260 が介装された流体通路であり、この流体通路 259 を通じて前記固定ケーシング 252 内の制動室
- 15 に高圧流体が導びかれると、ピストン 253 はスプリング 258 に対抗して回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 から離脱するよう移動し、これにより、回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 は互いに離隔する。261 は流体通路 259 に接続された切換弁であり、この切換弁 261 には一端がアキュムレータ 240 と切換弁 241 との間の供給通路 238 に接続された供給通路 262 の他端および一端がタンク 237 に接続された排出通路
- 20 263 の他端が接続されている。そして、この切換弁 261 が制御部 226 によって供給位置に切り換わると、流体ポンプ 235 からの高圧流体が固定ケーシング 252 の制動室に供給され、一方、排出位置に切り換わると、流体が固定ケーシング 252 の制動室から排出される。

- 前述した流体通路 259、絞り 260 は全体として、スプリング 258 に対抗して回転
- 25 摩擦板 256、固定摩擦板 257 を互いに離隔させる離隔機構 264 を構成する。そして、離隔機構 264 を前述のように流体通路 259、絞り 260 から構成すれば、構造簡単で

ありながら確実に回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 を互いに離隔させることができる。
また、前述した固定ケーシング 252、ピストン 253、回転摩擦板 256、固定摩擦板
257、スプリング 258、離隔機構 264 は全体として、前記制動手段 251 を構成す
る。このように制動手段 251 を固定ケーシング 252、ピストン 253、回転摩擦板 2
56、固定摩擦板 257、スプリング 258、離隔機構 264 から構成すれば、該制動手
段 251 を構造簡単で安価とすることができる。

そして、この第 7 実施形態においては、時間 T1 に電動モータ 220 に対して、図 14
(d) に示すように、所定電圧で通電が開始される一方、切換弁 261 に対して、図 14
(c) に示すように、弁切換電圧の印加が開始され、該切換弁 261 が供給位置に切換え
10 られる。この結果、流体ポンプ 235 からの高圧流体が供給通路 238、262、流体通
路 259 を通じて固定ケーシング 252 の制御室内に供給され、該制御室の圧力が、図 1
4 (b) に示すように上昇するが、このとき、前記流体通路 259 の途中に絞り 260 が
介装されているので、固定ケーシング 252 の制御室に供給される単位時間当たりの流体
量は少量に制限される。

15 このようなことからピストン 253 はスプリング 258 に対抗しながら低速で移動す
ることとなり、回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 が互いに離隔するまでに所定時間が
必要となる。このため、制動手段 251 の回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 は、時間
T1 から所定時間が経過するまでの間、スプリング 258 の付勢力により互いに摩擦接触
した状態（時間 T1 以前の状態と同じ）を維持し、電動モータ 220 に対して前述と同様
20 の始制動トルクを付与する。このように電動モータ 220 に対し通電が開始された後も、
該電動モータ 220 に対し制動手段 251 から始制動トルクが付与されるため、前記第 6
実施形態と同様に衝撃が低減される。

次に、時間 T3 となると、電動モータ 220 に対する通電が、図 14 (d) に示すよう
に、停止するとともに、切換弁 261 に対する弁切換電圧の印加が、図 14 (c) に示す
25 ように、終了され、該切換弁 261 が排出位置に切換えられる。この結果、スプリング 2
58 の付勢力により固定ケーシング 252 の制御室から流体が供給通路 238、262、

流体通路 259 を通じてタンク 237 に排出され、該制御室の圧力が、図 14 (b) に示すように低下するが、このとき、前記流体通路 259 の途中に絞り 260 が介装されているので、固定ケーシング 252 の制御室から排出される単位時間当たりの流量は少量に制限される。

- 5 このようなことからピストン 253 は低速で移動することとなり、回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 が互いに摩擦接触するまでに所定時間が必要となる。このように電動モータ 220 に対する通電が停止した後、短い所定時間が経過して初めて該電動モータ 220 に対し制動手段 251 から終制動トルクが付与されるため、この間に風力発電ユニット 213 の旋回速度が低下して前記第 6 実施形態と同様に衝撃が低減される。
- 10 また、風力発電ユニット 213 の旋回停止中に突風等が吹いて風力発電ユニット 213 に過大な風負荷が作用し、これにより、風力発電ユニット 213 が旋回するとともに電動モータ 220 の出力軸 255 が高速回転して、制動手段 251 の回転摩擦板 256、固定摩擦板 257 が大量の摩擦熱を発生することがある。この場合には、検出センサ 233 が制御部 226 に対し時間 T7 において、図 14 (e) に示すように、異常信号を出力する
- 15 ため、該制御部 226 は、図 14 (c) に示すように、切換弁 261 に弁切換電圧を印加し、該切換弁 261 を供給位置に切換える。この結果、固定ケーシング 252 の制御室に高圧流体が供給され、電動モータ 220 が制動手段 251 による制動から解放される。その後、制動手段 231 内の温度が許容温度未満に低下すると、再び、制動手段 251 によって電動モータ 220 に制動トルクが付与される。なお、他の構成、作用は前記第 6 実施
- 20 形態と同様である。
- 次に、第 8 実施形態について説明する。この第 8 実施形態においては、風力発電ユニット 213 のヨー旋回を停止させる際、前述のような終制動トルクの付与を行わず、電動モータ 220 に対する通電停止時点の直前から該通電停止時点までの所定時間の間、電動モータ 220 に通電される電力値を、制御部 226 によりトライアック、サイリスタ等を制
- 25 御することで、通常のヨー旋回時において電動モータ 220 に供給される電力値より小とし、これにより、この間における電動モータ 220 から風力発電ユニット 213 への付与

旋回力を小さくしている。このようにすれば、風力発電ユニット 2 1 3 は前述の間にロータヘッド等のジャイロ効果や摩擦抵抗によりその旋回速度が徐々に低下する。そして、このように旋回速度が低下し、電動モータ 2 2 0 への通電が停止した時点以後に所定値の最終制動トルクを制動手段によって電動モータ 2 2 0 に付与するようにすれば、ピニオン 2 2 3 の歯と内歯車 2 1 9 の内歯 2 1 8 との間の衝撃が低減され、これにより、ピニオン 2 2 3、内歯車 2 1 9 の歯の損傷や、騒音を低減させることができるとともに、装置を安価で小型化することができる。

なお、前述の実施形態においては、第 1 歯車（内歯車） 2 1 9 をタワー 2 1 1 に、電動モータ 2 2 0 を風力発電ユニット 2 1 3 に取付けるようにしたが、この発明においては、第 1 歯車を風力発電ユニットに、駆動モータをタワーに取付けるようにしてもよい。また、前述の実施形態においては、駆動モータとして電動モータ 2 2 0 を用いたが、この発明においては、流体モータを用いてもよい。この場合には、駆動エネルギーは高圧流体となる。また、前述の実施形態においては、同一の制動手段 2 3 1 によって始、最終制動トルクを付与するようにしたが、この発明においては、別個の制動手段によって始、最終制動トルクをそれぞれ付与するようにしてもよい。さらに、前述の実施形態においては、第 1 歯車としてリング状の内歯車 2 1 9 を、第 2 歯車として外歯車であるピニオン 2 2 3 を用いたが、この発明においては、第 1、第 2 歯車として共に外歯車を用いてもよい。また、前述の実施形態においては、電動モータ（駆動モータ） 2 2 0 およびブレーキ機構 2 4 3 を周方向に等距離離して配置したが、これら駆動モータ、ブレーキ機構は周方向に異なった距離だけ離れていてもよい。

ここで、前記第 8 実施形態における電動モータ 2 2 0 の代わりに流体モータを用いた場合には、該流体モータに接続された高圧側給排通路とタンクとを接続する接続通路の途中に、電流値により通過圧力をリニアに制御することができる比例圧力制御弁、あるいは、開閉弁および低圧リリーフ弁を順次介装すればよい。このようにすれば、風力発電ユニットのヨー旋回時には、比例圧力制御弁を高圧に設定、あるいは、開閉弁を開閉状態に切換えることで、高圧側給排通路内の圧力を通常の高圧に維持し、一方、流体モータへの高圧流

体の供給停止時点直前から該供給停止時点までの所定時間の間は、比例圧力制御弁を低圧に設定、あるいは、開閉弁を開状態に切換えることで低圧リリーフ弁から流体をリリーフさせ、高圧側給排通路内の圧力を、前記通常の高圧より低下させることができる。

5 産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、風力発電装置のヨー駆動装置に適する高効率で軸方向長さの短い減速機が提供できる。また、風力で風車ブレードを回転させ発電を行う風力発電装置の高効率でコンパクトなヨー駆動装置に適用できる。

請求の範囲

1. 風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機であって、該減速機が一段減速部、該一段減速部に連結される二段減速部、並びに該二段減速部に連結される三段減速部からなり、前記一段減速部及び二段減速部の合計減速比を $1/6$ 乃至 $1/60$ に設定する
- 5 と共に、前記三段減速部が内周に内歯が形成された内歯歯車体と、該内歯歯車体内に収納され、外周に前記内歯に噛み合い歯数が該内歯より若干少ない外歯を有し、軸方向に並列配置された複数の外歯車と、該複数の外歯車に回転自在に挿入され、前記二段減速部に連結され回転することで該複数の外歯車を偏心回転させるクランク軸と、該クランク軸の両端部を回転可能に支持するキャリアとを備えた偏心揺動型減速機構で構成され、該偏心揺動型減速機構の減速比を $1/50$ 乃至 $1/140$ に設定し、
- 10 且つ前記減速機の総減速比を $1/1000$ 乃至 $1/3000$ に設定したことを特徴とする風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機。
2. 前記減速機の一段減速部が入力太陽歯車、該入力太陽歯車の周囲で該入力太陽歯車に噛み合う複数の遊星歯車、該複数の遊星歯車の周囲で該複数の遊星歯車に噛み合う内
- 15 歯を有する内歯歯車体、並びに前記複数の遊星歯車を回転自在に支持するキャリアとを備えた遊星減速機構から構成され、前記減速機の二段減速部が前記遊星減速機構のキャリアに連結される入力平歯車及び該入力平歯車に噛み合う平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機。
- 20 3. 前記減速機の一段減速部が第1入力平歯車及び該第1入力平歯車に噛み合う第1平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成され、前記減速機の二段減速部が該第1平歯車に連結された第2入力平歯車及び該第2入力平歯車に噛み合う第2平歯車からなる平歯車式減速機構機から構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の風力発電装置のヨー駆動装置に用いる減速機。
- 25 4. 前記一段減速部の入力部に電動機の出力軸が連結され、前記偏心揺動型減速機構の出力部に、タワーのリングギアに噛み合わせる外歯が形成されていることを特徴とする

請求の範囲第 1 項～請求の範囲第 3 項のいずれか記載の減速機を用いた風力発電装置のヨー駆動装置。

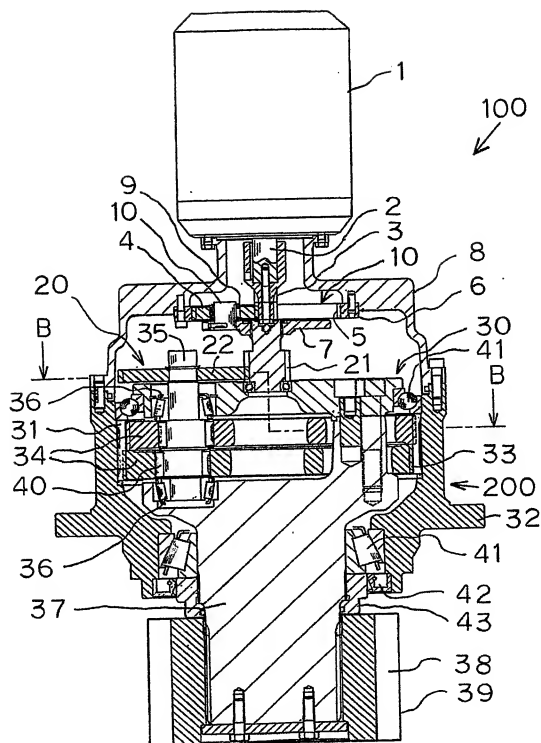
5. タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられた第 1 歯車に噛み合う第 2 歯車を、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられた駆動モータにより駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる風力発電機のヨー駆動方法において、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小としたことを特徴とする風力発電機のヨー駆動方法。
6. 前記駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とするとともに、駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点以後に所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにした請求の範囲第 5 項記載の風力発電機のヨー駆動方法。
7. 前記駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点から所定時間経過した後に所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにした請求の範囲第 5 項記載の風力発電機のヨー駆動方法。
8. タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられた第 1 歯車と、前記第 1 歯車に噛み合う第 2 歯車と、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられ、駆動エネルギーが供給されたとき、前記第 2 歯車を駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる駆動モータと、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とする低減手段とを備えたことを特徴とする風力発電機のヨー駆動装置。

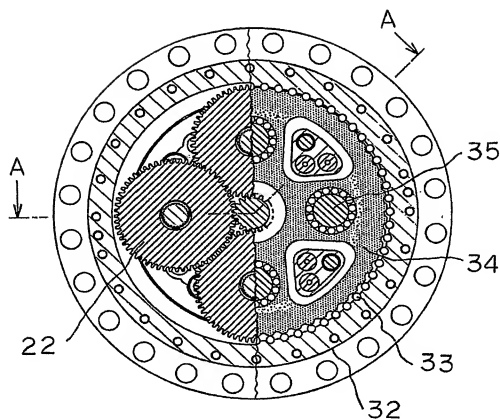
9. 前記低減手段により、駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該
駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネ
ルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小と
するとともに、駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点以後に所定値の制動トル
クを駆動モータに付与する制動手段をさらに設けた請求の範囲第8項記載の風力発
電機のヨー駆動装置。
10. 前記駆動モータ、第2歯車を複数設置するとともに、前記低減手段により風力発電
ユニットのヨー旋回停止後も小とした駆動エネルギーを一部の駆動モータに供給す
ることで第2歯車を回転させ、第2歯車の歯と第1歯車の歯との間のバックラッシュ
を取り除くようにした請求の範囲第9項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
11. 前記駆動モータが流体モータであるとき、該流体モータに流体を給排する一对の給
排通路同士を接続通路で接続するとともに、該接続通路の途中に絞りを介装し、前記
流体モータがポンプ作用を行ったときの回転速度を該絞りによって制御するように
した請求の範囲第8項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
12. 前記駆動モータが流体モータであるとき、該流体モータに流体を給排する一对の給
排通路同士を接続通路で接続するとともに、該接続通路の途中にいずれの給排通路が
所定圧以上となったとき開に切り換わるリリーフ弁を介装し、前記流体モータがポン
プ作用を行ったとき、該リリーフ弁によって流体モータのトルク制御を行うようにし
た請求の範囲第8項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
13. 風速を計測する風速計をさらに設け、該風速計で計測した風速が所定値以上となっ
たとき、駆動モータを制動手段による制動から解放するようにした請求の範囲第9項
記載の風力発電機のヨー駆動装置。
14. タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのい
ずれか一方に取付けられたリング状の内歯車に噛み合うピニオンを、タワーまたは風
力発電ユニットの残り他方に取付けられた駆動モータにより駆動回転させることで、
風力発電ユニットをヨー旋回させる風力発電機のヨー駆動方法において、前記駆動モ

ータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小としたことを特徴とする風力発電機のヨー駆動方法。

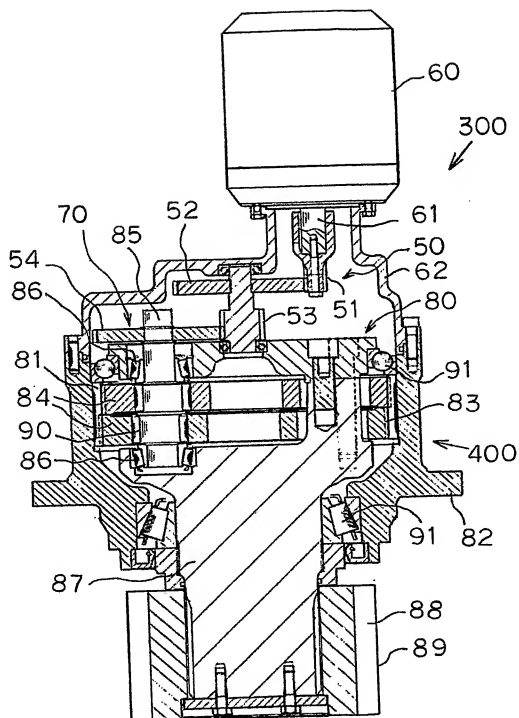
- 15 15. 前記駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とするとともに、駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点以後に所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにした請求の範囲第14項記載の風力発電機のヨー駆動方法。
- 10 16. 前記駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点から所定時間経過した後所定値の制動トルクを制動手段によって駆動モータに付与するようにした請求の範囲第14項記載の風力発電機のヨー駆動方法。
- 15 17. タワーまたは該タワーの上端部にヨー旋回可能に支持された風力発電ユニットのいずれか一方に取付けられたリング状の内歯車と、前記内歯車に噛み合うピニオンと、タワーまたは風力発電ユニットの残り他方に取付けられ、駆動エネルギーが供給されるとき、前記ピニオンを駆動回転させることで、風力発電ユニットをヨー旋回させる駆動モータと、前記駆動モータへの駆動エネルギー供給開始時点から所定時間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とする低減手段とを備えたことを特徴とする風力発電機のヨー駆動装置。
- 20 18. 前記低減手段により、駆動モータに対する駆動エネルギー供給停止時点の直前から該駆動エネルギー供給停止時点までの所定時間の間、駆動モータに供給される駆動エネルギーを、通常ヨー旋回時において駆動モータに供給される駆動エネルギーより小とするとともに、駆動モータへの駆動エネルギー供給停止時点以後に所定値の制動トルクを駆動モータに付与する制動手段をさらに設けた請求の範囲第17項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
- 25

19. 前記駆動モータ、ピニオンを複数設置するとともに、前記低減手段により風力発電ユニットのヨー旋回停止後も小とした駆動エネルギーを一部の駆動モータに供給することでピニオンを回転させ、ピニオンの歯と内歯車の歯との間のバックラッシュを取り除くようにした請求の範囲第18項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
- 5 20. 前記駆動モータが流体モータであるとき、該流体モータに流体を給排する一对の給排通路同士を接続通路で接続するとともに、該接続通路の途中に絞りを介装し、前記流体モータがポンプ作用を行ったときの回転速度を該絞りによって制御するようにした請求の範囲第17項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
21. 前記駆動モータが流体モータであるとき、該流体モータに流体を給排する一对の給排通路同士を接続通路で接続するとともに、該接続通路の途中にいずれの給排通路が所定圧以上となったとき開に切り換わるリリーフ弁を介装し、前記流体モータがポンプ作用を行ったとき、該リリーフ弁によって流体モータのトルク制御を行うようにした請求の範囲第17項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
- 10
22. 風速を計測する風速計をさらに設け、該風速計で計測した風速が所定値以上となったとき、駆動モータを制動手段による制動から解放するようにした請求の範囲第18項記載の風力発電機のヨー駆動装置。
- 15





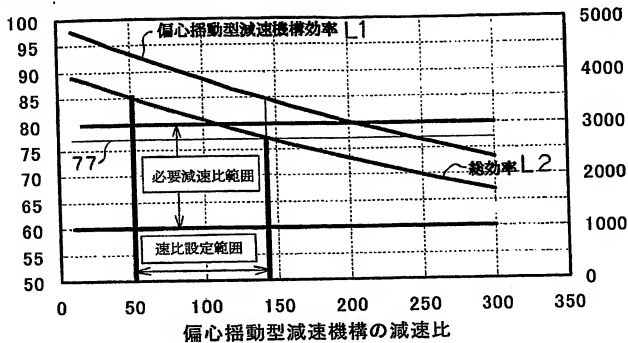
第3図



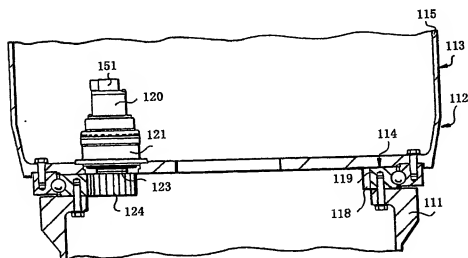
第4図

三駆動装置効率 (%)

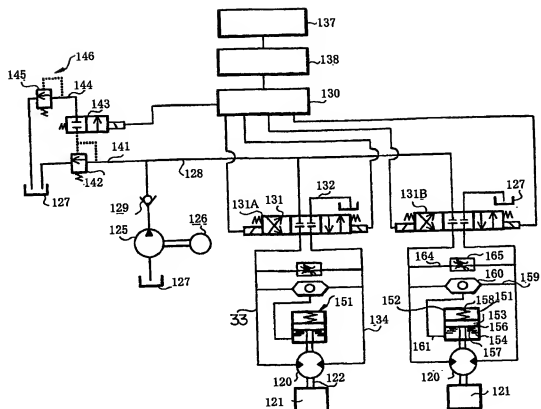
総減速比

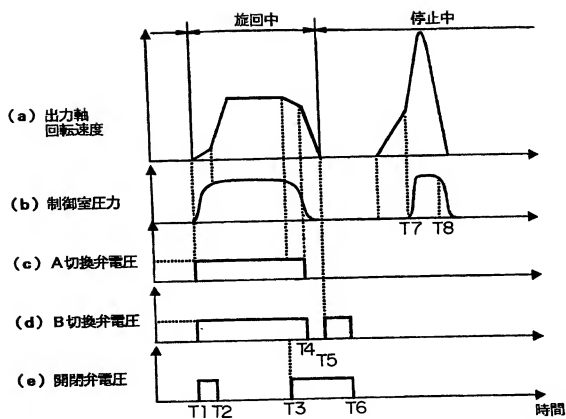


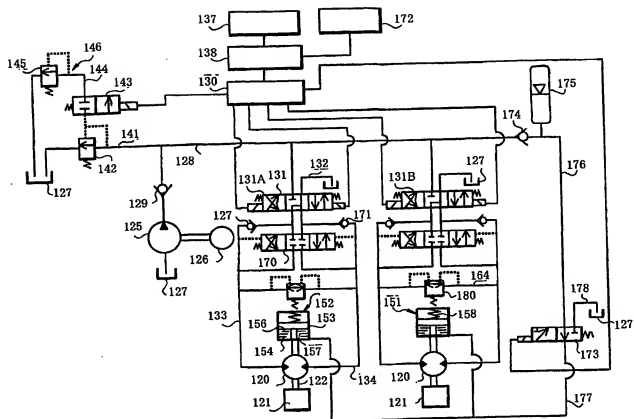
第5図



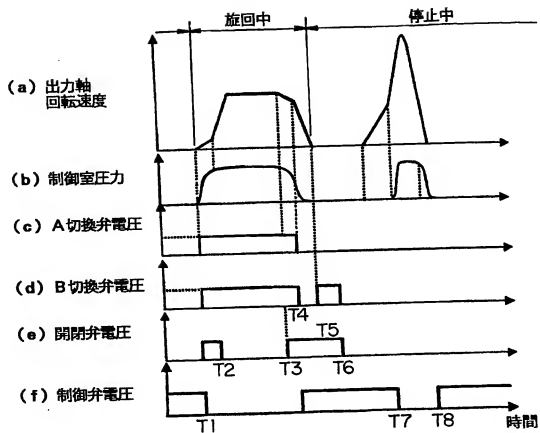
第 6 図

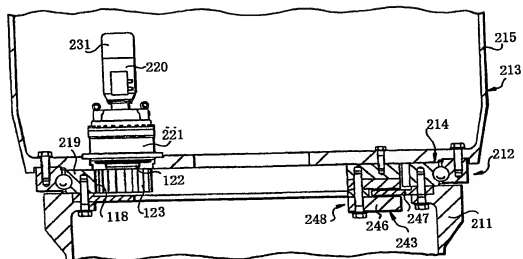




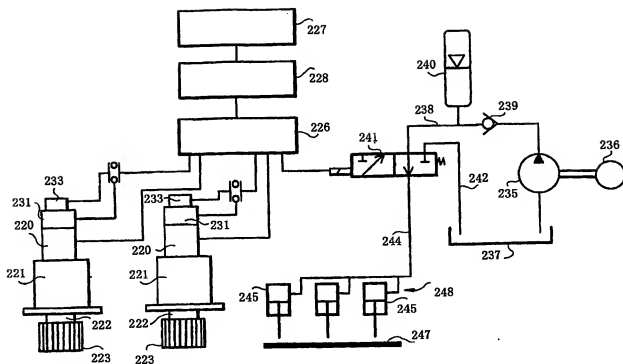


第 9 図





第 1 1 図



第 1 2 図

